

Pozitiva výroby jaderné energie

Orálková Jitka

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jitka ORÁLKOVÁ**

Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Pozitiva výroby jaderné energie**

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte a vyhodnoťte seznam výhrad odpůrců výroby jaderné energie.
2. Shromážděte dostupné informace o pokrokových novinkách jaderných reakcí.
3. Vytvořte zdůvodněný seznam pozitiv výroby jaderné energie založený na konfrontaci s ostatními způsoby výroby energie.
4. Vypracujte objektivní srovnání a zhodnocení negativ a pozitiv jaderné energetiky.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle pokynů vyučujícího

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Milan Vondruška, CSc.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

9. února 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

27. května 2009

Ve Zlíně dne 16. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.
ředitel ústavu



ABSTRAKT

Rostoucí poptávka po elektrické energii vyžaduje stále větší výrobní kapacity při omezených přírodních zdrojích. Jelikož každý způsob výroby elektrické energie představuje zátěž pro životní prostředí, lidé se stále snaží objevit efektivnější způsob výroby a distribuce. V současné době máme několik způsobů výroby a jaderná energie se stala jednou z nich. Na celém světě se diskutuje o tom, zda bychom měli používat atomovou energii nebo se soustředit na její alternativy jako je vítr, voda či slunce bez produkce jaderného odpadu. Není pochyb o tom, že musíme odpovědět na mnoho otázek před rozhodnutím o budoucím energetickém řešení, které bude bezpečné pro životní prostředí.

Klíčová slova:

Jaderná energie, jaderná elektrárna, pozitiva výroby, budoucnost jaderné energie

ABSTRACT

Growing demand for electricity needs more and more production capacity while the natural resources are limited. Every way of producing energy has tremendous impact on the environment, therefore it is necessary to find the most effective one. Nowadays we have got several options how to achieve that and nuclear energy has become one of them. All over the world it is often discussed whether we should prefer nuclear power or focus on its alternatives like water, wind or solar energy without producing nuclear waste. There is no doubt we have to consider many questions before deciding the solution for future that will be proven safe for the environment.

Keywords:

Nuclear energy, nuclear power plant, advantages of nuclear production, future of nuclear energy

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Milanu Vondruškovi, CSc. za cenné rady, podněty a připomínky při zpracování mé bakalářské práce a zároveň za jeho čas strávený nad touto prací.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně 1.6.2009

.....
Jitka Orálková

OBSAH

ÚVOD	7
1 TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 VYMEZENÍ POUŽÍVANÝCH POJMŮ	8
1.1.1 Radioaktivita	8
1.1.2 Atom a atomové jádro	8
1.1.3 Uran.....	9
1.2 PRINCIP VÝROBY V JADERNÝCH ELEKTRÁRNÁCH	10
1.2.1 Primární okruh	10
1.2.2 Sekundární okruh	10
1.2.3 Terciární okruh.....	10
1.3 RADIOAKTIVNÍ ODPAD.....	11
1.3.1 Mezisklady	12
1.3.2 Přepřacování.....	12
1.3.3 Trvalé hlubinné úložiště.....	12
1.3.4 Přeprava vyhořelého paliva	13
1.4 NOVÉ TECHNOLOGIE V JADERNÉ ENERGII	13
1.4.1 Reaktory generace III	13
1.4.2 Reaktory generace III+	14
1.4.3 Reaktory generace IV	14
1.4.4 Tokamaky.....	16
1.4.5 ITER (International thermonuclear experimental reactor)	17
2 SOUČASNÝ STAV JADERNÉ ENERGETIKY	18
2.1 ARGUMENTY ODPŮRCŮ VÝROBY JADERNÉ ENERGIE	18
2.2 SROVNÁNÍ ALTERNATIVNÍCH METOD VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	19
2.2.1 Uhelné elektrárny	19
2.2.2 Vodní elektrárny.....	19
2.2.3 Sluneční elektrárny.....	20
2.2.4 Větrné elektrárny	20
2.2.5 Geotermální elektrárny.....	21
3 VYHODNOCENÍ JADERNÉ ENERGIE	22
3.1.1 Vyhodnocení výhrad odpůrců	22
3.1.2 Vyhodnocení výroby jaderné energie a jejich alternativ	23
ZÁVĚR	25
SEZNAM POUŽITÉ LITERATUR	27
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	30
SEZNAM OBRÁZKŮ	31
SEZNAM TABULEK	32

ÚVOD

Význam nových energetických zdrojů roste jednoduše s tím, jak narůstá populace a to zejména v rozvojových zemích. Právě tam dochází k rychlým změnám životní úrovně obyvatel a tudíž ke zvýšeným potřebám lidí.

Vlivem působení těchto faktorů je nutné řešit vyšší energetické nároky na stávající energetické soustavy v různých podobách. Je zřejmé, že i přes obnovu i novou výstavbu plynových či uhelných elektráren, hrozí reálný nedostatek výrobních kapacit pro výrobu elektrické energie ve světě včetně České republiky. Tento deficit můžeme řešit dovozem ze zahraničí. Bohužel se tak zbavujeme energetické nezávislosti a vystavujeme se riziku vysokých ztrát při výpadku dodávky od zahraničních dodavatelů, kteří se také budou potýkat s nedostatkem výrobních kapacit.

Výroba z fosilních zdrojů má omezené kapacity a i přes možné prolomení limitu pro těžbu uhlí je nová výstavba uhelných elektráren problematická už kvůli regulaci emisí oxidu uhličitého. Vysoké emise CO₂ je možné omezit výstavbou plynových elektráren, jež mají zhruba poloviční hodnoty těchto emisí. Zde však opět čelíme problému závislosti na jednom dodavateli a nemůžeme pokrývat potřebu pouze z těchto zdrojů. Poslední událost, tzv. plynové krize mezi Ruskem a Ukrajinou, velmi dobře ukázala slabé stránky tohoto řešení.

Ostatní výrobní kapacity jako vodní elektrárny mají v ČR pouze okrajový význam a dále nemáme možnost je zvyšovat. Obnovitelné zdroje jako jsou sluneční nebo větrné elektrárny se potýkají s ekonomickou neefektivností a bez dotace výkupních cen elektřiny by se mohly jen obtížně rozvíjet. Dodávky z těchto zdrojů podléhají značným výkyvům, protože závisí na vlivu počasí. Z podstaty věci není možné elektrickou energii skladovat, a proto je nutné mít stabilní zdroj dodávky.

Jaderná energetika eliminuje výše uvedené nevýhody a současně vylučuje závislost na jednom dodavateli, protože uranové rudy lze nakupovat z více zdrojů. Tato technologie má celou řadu příznivců, ale i odpůrců, kteří argumentují možností zneužití jaderného materiálu pro vojenské účely a produkcí nebezpečného radioaktivního odpadu.

Vliv radioaktivního odpadu je možné vyloučit vhodným úložištěm na stovky let narozdíl od uhelných elektráren, které vypouští emise do ovzduší. Již v dnešní době jsou ve vývoji technologie na využití použitého jaderného materiálu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Vymezení používaných pojmů

1.1.1 Radioaktivita

Radioaktivita je schopnost některých atomových jader vysílat záření. Roku 1895 při svých pokusech objevil W. C. Roentgen tzv. X záření, dnes nazývané jako rentgenové záření. To, že záření X vyvolává fluorescenci na skle i na jiných hmotách, se stalo podnětem pro francouzského fyzika H. A. Becquerela, který objevil radioaktivitu při studiu fosforescence. Všimnul si, že některé látky, konkrétně soli uranu, vydávají záření (které se projeví účinkem na fotografickou desku) i bez předchozího osvětlení. Mají tak svůj vlastní, vnitřní zdroj energie.

Postupně se přicházelo na to, že existuje několik druhů radioaktivního záření, lišící se schopností průniku látkou. Roku 1897 tak E. Rutherford rozlišil typy záření na:

1. záření alfa – záření pohlcuje list papíru
2. záření beta – záření pohlcuje hliníková fólie, tvořeno letícími fotony
3. záření gama – tvořeno letícími fotony, které lze oslabit silnou vrstvou materiálu obsahující jádra těžkých prvků, např. olovo

Zásadním způsobem se o výzkum přirozené radioaktivity a radioaktivních přeměn zasloužili manželé Marie a Pierre Curieovi. Objevili, že vedle uranu je radioaktivní i další prvek - thorium. V roce 1898 pak objevili v jáchymovském smolinci dva nové radioaktivní prvky - polonium a radium. Roku 1910 pak vyrobili čisté kovové radium právě z jáchymovského smolince.

1.1.2 Atom a atomové jádro

Atom se skládá z atomového jádra, které obsahuje protony, neutrony a obalu s elektrony. Protony jsou kladně nabitě částice, neutrony jsou elektricky neutrální částice a elektrony, záporně nabitě částice, které jsou v atomovém obalu ze kterého se dají snadno vyjmout a vytvořit tím nabitý iont. Atomy prvků se liší svým atomovým číslem, které vyjadřuje počet protonů v jádře.

Atomové jádro je kladně nabitá část atomu, tvořící jeho hmotové i prostorové centrum. Atomové jádro představuje 99,9 % hmotnosti atomu. Průměr jádra je řádově 10^{-15} m.

Vlastnosti jádra se popisují pomocí atomového a hmotnostního čísla, které udává celkový počet nukleonů v jádře.

1.1.3 Uran

Uran je radioaktivní prvek, kov, patřící mezi aktinoidy. Prvek byl objeven v roce 1789 Martinem Heinrichem Klaprothem, ale v čisté formě byl uran izolován až roku 1841 Eugene-Melchior Peligotem. Své jméno dostal uran po planetě, která byla tehdy objevena.

Samotný uran je v čistém stavu stříbrnobílý lesklý kov. Pokud tento prvek rozmělníme stává se samozápalným. Není však příliš tvrdý a dá se za normální teploty kovat nebo válcovat. Při zahřívání se stává křehkým, při dalším zvyšování teploty je již plastický.

V periodické tabulce prvků nalezneme hlavně uran s hmotnostním číslem 138. V přírodě se uran vyskytuje jako směs izotopů, a to ^{238}U (99,276 %) a ^{235}U (0,718 %) a jen v malé míře ^{234}U (0,004 %).

Obohacený uran je nejvíce využitelný v jaderné energetice. Využití ^{238}U je mnohem náročnější pro jadernou energetiku, proto se v praxi zatím nevyužívá. Také ^{234}U je nadkriticky štěpitelný a tedy nevýhodný. Pro jaderné využití uranu je vhodný především izotop ^{235}U s nízkým zastoupením (kolem 0,73 %) v přírodním uranu. Pro výrobu paliva pro jaderné reaktory se obvykle používá uran, obsahující kolem 3 – 4 % ^{235}U .

Oddělení hlavních izotopů uranu - ^{238}U a ^{235}U je dost obtížné. Z hlediska chemického chování jsou oba tyto izotopy prakticky stejné a i jejich odlišnosti ve fyzikálních vlastnostech jsou velmi malé. Nicméně oba izotopy vykazují poněkud odlišné fyzikální vlastnosti a toho právě využívají moderní technologické postupy výroby obohaceného uranu.

V minulosti se u nás těžil uran hlavně v Jáchymově. Tento zdroj byl do 2. poloviny 20. století nejvýznamnější. Dále se pak těžilo v Horním Slavkově, Příbrami a v neposlední řadě také v křídových pískovcích v okolí Stráže pod Ralskem.

V dnešní době se uranová ruda těží poblíž Dolní Rožínky u Žďáru nad Sázavou. Jde o jedinou probíhající těžbu v Evropské unii. V roce 2007 bylo schváleno prodloužení těžby uranu na dobu neurčitou. V České republice je zatím jedinou těžební společností společnost Diamo. V roce 2006 uzavřela tato společnost další kontrakt z německou firmou. Do té

doby společnost Diamo byla výhradním dodavatelem pro firmu ČEZ, která provozuje jak Temelínskou tak i Dukovanskou elektrárnu. [1]

1.2 Princip výroby v jaderných elektrárnách

V jaderných elektrárnách není výroba elektrické energie nijak složitá. Elektrárny mají několik okruhů, které mají svůj význam.

1.2.1 Primární okruh

Srdcem primárního okruhu JE, kde probíhá řízená štěpná reakce, je reaktor. Jedná se o zařízení obsahující jaderné palivo, chladivo, moderátor a řídicí systémy. Aktivní zóna reaktoru je složena z 312 palivových kazet a 37 regulačních kazet. V každé kazetě je umístěno 126 palivových proutků, v nichž jsou hermeticky uzavřeny tablety jaderného paliva. Při štěpení vzniká velké množství tepelné energie, která je ihned odváděna chladicí demineralizovanou vodou, která zároveň slouží jako moderátor neutronů. Ohřátá voda cirkuluje v primárním okruhu pomocí čerpadel.

1.2.2 Sekundární okruh

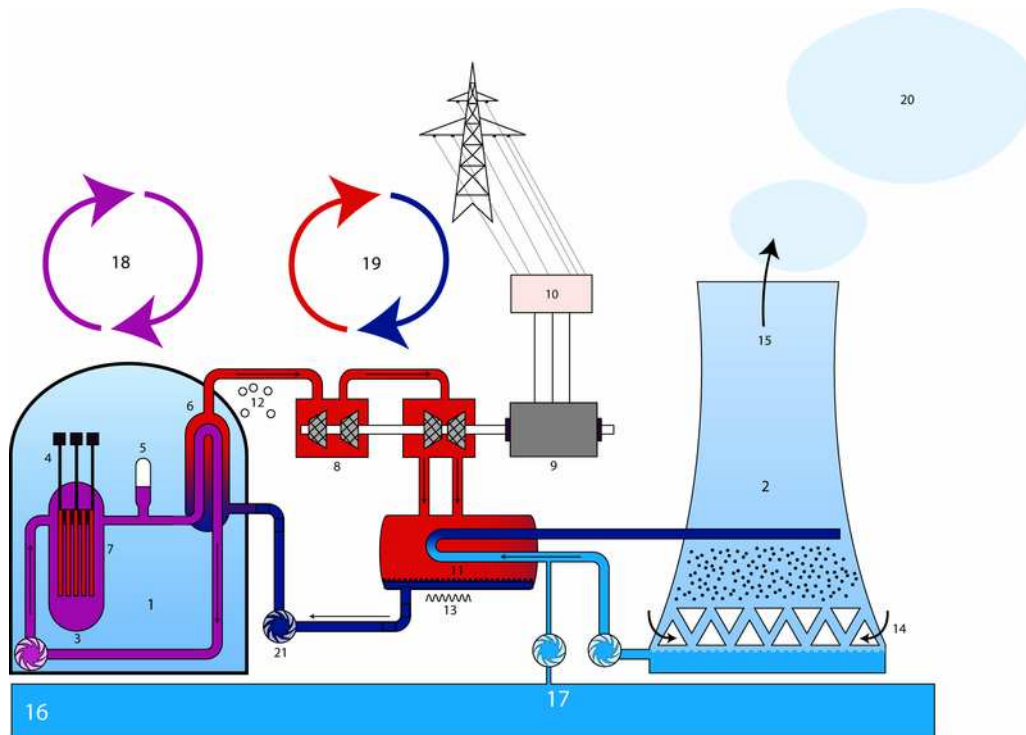
V tomto okruhu se mění tepelná energie páry v mechanickou energii rotoru parní turbíny. Rotor turbíny je spojen s generátorem, kde se přeměňuje kinetická energie rotoru na energii elektrickou. V kondenzátorech se pára kondenzuje a jako voda přichází do parogenerátorů. Teplá voda z kondenzátorů je odváděna do chladících věží. Do ovzduší tak uniká pouze čistá vodní pára.

1.2.3 Terciární okruh

Skládá se z chladících věží, oběhových čerpadel, potrubí a kanálů chladící vody. Teplá voda vedená do chladících věží se rozstříkuje sprchovými hlavicemi a v kapkách padá dolů a ochlazuje se proudícím vzduchem. Část padající vody se přitom odpaří a vlhký teplý vzduch stoupá vzhůru, ochladí se venkovním vzduchem a vodní pára v něm obsažená zkondenzuje. [2]

Používaným reaktorem v JE Dukovany je typ VVER 440/213, tlakovodní, vodou chlazený reaktor. Tepelný výkon tohoto reaktoru je 1375 MW a elektrický výkon 440 MW. Temelínská elektrárna používá již modernější tlakovodní reaktor VVER 1000, typ V 320.

Obr. 1 Princip výroby elektrické energie v jaderných elektrárnách [3]



1. Reaktorová hala, uzavřená v nepropustném kontejnmentu, 2. Chladicí věž, 3. Tlakododní reaktor, 4. Řídící tyče, 5. Kompenzátor objemu, 6. Parogenerátor, 7. Aktivní zóna, 8. Turbína, 9. Elektrický generátor, 10. Transformační stanice, 11. Kondenzátor sekundárního okruhu, 14. Přívod vzduchu do chladicí věže, 15. Odvod teplého vzduchu a páry komínovým efektem, 16. Oběhové čerpadlo primárního okruhu, 17. Napájecí čerpadlo chladicího okruhu, 18. Primární okruh, 19. Sekundární okruh, 20. Oblaka vzniklá kondenzací vypařené chladicí vody, 21. Oběhové čerpadlo sekundárního okruhu, 22. plynometr

1.3 Radioaktivní odpad

Odpady vznikají již na začátku získávání uranu a to při zpracování rudy a jejím obohacování. Radioaktivita se snižuje, ale než dosáhne přijatelné meze je potřeba zabránit úniku do životního prostředí. Při ukládání s RaO se v ČR jaderné elektrárny řídí zákonem č. 18/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů. RaO tak podléhá regulaci a dozoru Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). O bezpečné ukládání RaO se stará Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO).

1.3.1 Mezisklady

Vyhořelé palivo se z reaktoru přesunuje do bazénu určeného pro vyhořelé palivo, ve kterém se skladuje 3-4 roky. RaO je chlazen vodou, protože se díky radioaktivnímu rozpadu stále vytváří teplo. Během 3-4 let jeho radioaktivita klesne na 50% své původní hodnoty a je možno ho ve speciálních kontejnerech přepravit do meziskladu, kde je uloženo asi 40 let. Ukládání je možno provádět buď mokřím způsobem nebo suchým. U mokrého způsobu se palivové články chladí vodou a v dnešní době je nejvíce rozšířen ač je dražší než druhý způsob. Ten je založen na uložení RaO v kontejnerech, v betonových stavbách a je chlazen vzduchem. Výhodou tohoto způsobu je nižší cena, lepší manipulace a možnost rozšířit sklad. Od roku 2002 se RaO ukládá suchým způsobem na území JE Dukovany. Toto úložiště má plochu 55 000 m³ s celkovým počtem 112 jímek.

Palivo můžeme buď přepracovat na nové nebo ho uložit do trvalého úložiště. Z důvodu vyšších nákladů na přepracování se dává většinou přednost trvalému úložišti.

1.3.2 Přepracování

Tento způsob volí ekonomicky silnější země jako je Francie, Rusko, Velká Británie a Japonsko. V reaktoru se část paliva přemění na Pu²³⁹, které může být použito po přepracování jako palivo pro tlakovodní reaktory. Tento způsob je nákladný a složitý proces.

Nejdříve se sejme zirkoniový obal z palivových kazet, aby bylo možné palivové články naštípat na menší části. Ty se rozpouští v kyselině dusičné a z roztoku se oddělují jednotlivé složky. Plutonium se použije jako palivo a uran se buď uskladní nebo použije jako nové palivo. Zbytky kovového pokrytí se zpracovávají jako nízkoaktivní odpad. Štěpné produkty se po oddělení zesklavatí a spolu s přísadami se vytaví na sklo při 1200°C.

1.3.3 Trvalé hlubinné úložiště

Před jeho vybudováním je potřeba vložit nemalou částku na průzkum dané lokality. Výstavba trvá asi 10 let a pokud úložiště vznikne je chráněno několika bariérami. Je chráněno proti úniku radioaktivity i proti proniknutí vody dovnitř, která by mohla působit jako moderátor. Samotné umístění staveb je většinou v samonosných horninách s životností až sta tisíce let. Úložiště se v průběhu provozu důkladně kontroluje pomocí vrtů, kde se sleduje spodní hladina vody v okolí.

V roce 1990 se v ČR zahájila první etapa výzkumu, kterou prováděl Český geologický ústav. Vybral 27 oblastí z kterých budou nakonec vybrány dvě. Po schválení se bude dále zkoumat okolí dané lokality.

1.3.4 Přeprava vyhořelého paliva

Přeprava vyhořelého paliva se řídí přísnými předpisy, které zaručují ochranu osob a životního prostředí a to i v případě nečekané havárie. Při přepravě se používají různé kontejnery vyrobené z uhlíkaté či nerezavějící tlustostěnné oceli. Zabraňují úniku radioaktivních látek a musí ochránit obsah v případě nehody. Tyto aspekty jsou proto důvodem pro jejich náročné testování.

1.4 Nové technologie v jaderné energii

V minulých letech došlo ke dvěma závažným haváriím, které ovlivnily pohled na JE a výrobu v nich. První závažná havárie se stala roku 1979 v americké JE Three Mile Island, kdy došlo k částečnému roztavení jaderného reaktoru. Tato havárie však nebyla natolik závažná jako v roce 1986, kdy v ukrajinském Černobylu došlo k výbuchu 4.bloku JE. I když odborníci zjistili, že v obou případech byl na vině lidský faktor, JE získaly značnou nedůvěru lidí. Produkce elektřiny z JE rostla, ale ne rychleji než produkce z jiných energetických zdrojů. Některé země se tak rozhodly uzavřít své jaderné programy. V posledních letech však vzrůstající cena ropy nutí k přehodnocování programů. Dnes je na světě 441 jaderných elektráren.

1.4.1 Reaktory generace III

Aby se zabránilo jakýmkoliv možnostem havárie ohrožující zdraví lidí a zlepšila se spolehlivost i ekonomika provozu elektráren, bylo potřeba navrhnout a zrealizovat myšlenku reaktorů III. generace. Reaktory III. generace vycházejí z reaktorů II. generace, ale mají lepší bezpečnostní i užitkové vlastnosti. Jejich jednodušší a robustnější konstrukce umožňuje zjednodušení provozu a větší odolnost vůči lidskému faktoru. Je zde redukovaná možnost nehod s roztavením jádra. Životnost těchto reaktorů by měla být až šedesát let a vliv na životní prostředí minimální. Zmenšení spotřeby uranu i objemu radioaktivního odpadu umožňuje vysoké vyhoření paliva. Kompenzovat zhoršování vlastností by měly izotopy absorbující neutrony v palivu, které se v průběhu spalování odbourávají a jejich úby-

tek kompenzuje zhoršující se vlastnosti paliva. To umožňují prodloužení intervalu mezi výměnami paliva.

Z bezpečnostního hlediska je největší důraz kladen na pasivní bezpečnostní prvky. Řešení nestandardních či krizových situací probíhá automaticky na základě přírodních zákonitostí a nepotřebuje elektrický či mechanický zásah operátora či kontrolního systému. Je založeno na gravitaci, přirozeném proudění, odolnosti proti tlaku či teplotám. Celková konstrukce budov zajišťuje odolnost proti pádu letadla a dalším vnějším vlivům, jako jsou třeba zemětřesení nebo hurikány. [4]

1.4.2 Reaktory generace III+

Na III. generaci úzce navazuje generace III+. Tyto reaktory mají vylepšené prvky pasivní bezpečnosti tak, že se v případě nestandardní situace reaktor dostane do bezpečného stavu automaticky bez pomoci aktivních částí. Třetí generace je v rozvoji a tudíž nemá hranice v rozdělení. V Japonsku začal pracovat lehkovodní varný reaktor typu ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) o výkonu 1356 MW a je na rozhraní mezi generací III a III+.

V EU se staví již dvě zařízení patřící ke generaci III+. V roce 2002 byla finskou vládou schválena výstavba třetího reaktoru generace III+ v JE Olkiluoto. V roce 2011 by měla být tato stavba dokončena. Další stavba započala v roce 2007 jako třetí blok JE Flamanville ve Francii. Ve Finsku i ve Francii jde o reaktor typu EPR (European Pressurised water Reactor) s výkonem mezi 1600 až 1750 MW. Měly by být schopny využívat palivo MOX obsahující plutonium z přepracovaného vyhořelého paliva. [5]

1.4.3 Reaktory generace IV

Tyto reaktory jsou již od počátku brány jako budoucnost jaderné energetiky. Hlavním rozdílem rychlého jaderného reaktoru oproti klasickému je, že nepotřebuje moderátor a štěpná reakce probíhá pomocí nezpomalených, rychlých neutronů. Použitím těchto reaktorů by se prodloužila životnost zásob uranu a zmenšila se tak jeho těžba, která nepříznivě působí na životní prostředí.

Takový reaktor musí mít větší obohacení štěpných izotopů, tedy uranu 235 nebo plutonia 239. Například v reaktoru BN-600 se používají články z obohacením od 17 do 26 % (klasické reaktory mají obohacení 3 až 4 %). Z rychlého množivého reaktoru se uvolňuje více energie, kterou by voda ani plyn nemohli odvádět. Proto se u těchto reaktorů používá

jako chladivo sodík. V budoucnu by mohlo být i jako chladivo použito olovo, inertní plyn nebo slitiny sodíku a bismutu. [6]

Jako každá novinka se i tyto reaktory potýkají s komplikacemi. Komplikací zdá se být bezpečnost těchto reaktorů, neboť pracují s vysokou hustotou štěpitelných prvků. Uvolňuje se tak velké množství tepla a odezva reaktoru na vnější vlivy je kratší díky rychlým neutronům. Výhodou však je, že díky vysoké teplotě varu sodíku (883°C), nemusí být v reaktoru vysoký tlak. Jeho vysoká tepelná vodivost zajistí v případě havárie dostatečné chlazení reaktoru přirozenou cirkulací.

Těchto reaktorů je jen několik. Ve Francii byl v roce 1973 postaven reaktor Phénix s výkonem 250 MW a v roce 1982 byl dokončen reaktor Superphénix s výkonem 1200 MW, který byl díky několika problémům s chladícím systémem odstaven v roce 1997. Dalším rychlým reaktorem je na území japonského Monju, který má výkon 280 MW a je chlazen tekutým sodíkem. Díky problémům s chlazením byl odstaven a jeho spuštění se počítá na rok 2009. V Ruské Bělojarské jaderné elektrárně je jediný rychlý reaktor, který funguje a zásobuje elektrickou síť s výkonem 600 MW. Důvod proč těchto reaktorů není víc je, že jsou technologicky náročnější a také dražší. Dobývání uranu je tak stále levnější variantou než jeho výroba v reaktorech IV. generace. [7]

V dubnu tohoto roku bylo na konferenci v Praze představeno p. Stránským šest typů reaktorových systémů, které vyžadují ještě propracování a jsou brány jako možné reaktory nasazené po roce 2025.

1.4.3.1 GFR – Rychlý reaktor chlazený plynem (Gas-Cooled Fast Reactor System)

Má uzavřený palivový cyklus, takže spotřebovává i vysoce radioaktivní aktinidy. Vhodný především k výrobě elektřiny – turbínu bude roztáčet přímo plyn používaný k chlazení. Bude možné ho i využít k výrobě vodíku termochemickou cestou.

V roce 1998 začal na území Japonska pracovat malý prototyp reaktoru, jehož tepelný výkon je 30 MW a pracuje při teplotě až 950°C. Je stále ve vývoji a předpokládá se, že výkon může být až 600 MW. Chladivem je helium a palivem jsou keramické mikročástice a keramické kompozity U a Pu ve formě kuliček. [7] [8]

1.4.3.2 LFR – Rychlý reaktor chlazený olovem (Lead-Cooled Fast Reactor System)

Jako chladivo se používá tekuté olovo nebo tekutá směs olova a bismutu. S tímto typem má největší zkušenosti Rusko, které je již přes 40 let využívá v jaderných ponorkách. Tyto reaktory mohou sloužit jak k výrobě elektřiny tak i vodíku. [8]

1.4.3.3 MSR – Reaktor chlazený roztavenou solí (Molten Salt Reactor System)

Uranové palivo je rozpouštěno v solném chladivu, které pod nízkým tlakem cirkuluje v grafitovém reaktoru. Sekundární chladicí systém je využíván na výrobu elektřiny, reaktor je možné využít i na výrobu vodíku. Tento typ reaktoru není příliš ekonomicky výhodný. [8]

1.4.3.4 SFR – Rychlý reaktor chlazený sodíkem (Sodium-Cooled Fast Reactor System)

U těchto reaktorů se počítá s dvěmi variantami. Menší (150-500MW) bude jako palivo používat slitinu z uranu, plutonia, zirkonia a vedlejších aktionidů. Větší (až do 1500 MW) využije přepracované použité palivo ve formě směsných oxidů. [8]

1.4.3.5 SCWR – Reaktor chlazený vodou s nadkritickým cyklem (Supercritical-Water-Cooled Reactor System)

Využívá k chlazení vodu s teplotou až 550°C a pod tlakem 25 MPa. Voda přímo pohání turbínu, což zvyšuje tepelnou účinnost až na 44% (tj. asi o třetinu vyšší než současné lehkovodní reaktory). [8]

1.4.3.6 VHTR – Reaktor s velmi vysokými teplotami (Very-High-Temperature Reactor System)

Héliem chlazené reaktory jsou vyvíjeny ve dvou variantách: s hranolovým palivem nebo s kuličkovým palivem. Díky vysoké teplotě se s nimi počítá především na výrobu vodíku. Reaktor tohoto typu by měl vyrobit 200 tun vodíku, což znamená ročně nahradit tři milióny barelů ropy. [8]

1.4.4 Tokamaky

Tokamaky se řadí do termonukleárních reaktorů. Jsou to obrovské transformátory, které mají sekundární cívkou ve tvaru toroidu. Plazma je tvořena deuteriem a tritiem. V jejich plynu vznikne výboj, plyn se ionizuje a indukovaný proud ho ohřívá až na 100 mil.°C.

Po překročení kritických parametrů dojde k termojaderné reakci. V takové chvíli dochází k reakci, která produkuje víc energie než spotřebuje a teplota tak narůstá. Současná technologie neumožňuje vybudování takového reaktoru a rovnováha by musela být udržovaná uměle. Magnetické pole indukovaného proudu a supravodivé magnetické cívky kolem toroidu udrží plazmu tak, aby se nedotýkala stěn. Okolo vnitřních stěn je tekuté lithium, které je chladí, teplo se odvádí k výměníkům a ty ohřívají vodu poháněnou turbínou. Rozměry reaktoru a jeho výkon závisí na vlastnostech materiálů, které tvoří plášť reaktoru. [9]

Tokamaky jsou zatím nejlépe prozkoumané zařízení a jsou brány jako budoucnost jaderné energie. V současnosti je nejznámější tokamak ve Velké Británii. Nese název JET (Joint European Torus) a v roce 1997 se dosáhlo termojaderného výkonu 16 MW. Francie ani Japonsko nezůstali v pozadí a jejich tokamaky nesoucí název Tore Supra a JT-60 jsou také známé. V ČR byl vytvořen malý tokamak na Ústavu fyziky plazmatu AV ČR v Praze s názvem tokamak-Castor (Czech Academy of Science Torus). Dle Evropské komise má tak ČR předpoklady pro provozování tokamaku Compass. Tento projekt by mohl ČR zařadit mezi špičku evropského i světového výzkumu horkého plazmatu a termojaderné fúze.[10]

1.4.5 ITER (International thermonuclear experimental reactor)

ITER se řadí mezi fúzní reaktory. Vychází z projektu toroidálních magnetických komor, který probíhal především v Rusku. Magnetické pole vyvolá v plynu elektrický výboj a ionizaci. Plazma tak bude stlačena extrémně silným magnetickým polem a dosáhne se tak vysoké teploty a tlaku. Dlouholeté výzkumy však ukazují, že se bude muset plazma ohřívat dalšími metodami, jako ohřevem ionty, rezonancí, mikrovlnami či laserem. Pak bude dosaženo termojaderné fúze. Stěny prstence budou bombardovány zářením a budou se ochlazovat médiem, které bude roztáčet turbíny. ITER bude fungovat v pulzním režimu po dobu 500 sekund s výkonem 500 MW. [11]

ITER je projekt vznikající již od roku 1987 kdy se několik států dohodlo na jeho financování. V současné době je projekt ITER financován EU, Čínou, Ruskem, Jižní Koreou, Japonském a USA. O jeho stavbě se uvažuje na území Francie nebo Japonska.

2 SOUČASNÝ STAV JADERNÉ ENERGETIKY

2.1 Argumenty odpůrců výroby jaderné energie

Jaderná energie nemá jen svá pozitiva, ale i negativa, která jsou odpůrci této výroby energie stále vyzdvihována. V ČR jsou dvě jaderné elektrárny. Dukovany jsou v provozu od roku 1978, kdy se naplno rozjela velkolepá stavba. V roce 1980 byla schválena výstavba druhé jaderné elektrárny Temelín, která svůj provoz plně započala roku 2002. Od chvíle kdy elektrárny vyráběly energii se také setkávaly s negativními reakcemi obyvatel ČR. Obyvatelé nesouhlasící s výstavbou jaderné elektrárny Temelín vytvořili organizace nesoucí název jako Jihočeské matky, Calla, Hnutí DUHA a Občanská iniciativa pro ochranu životního prostředí. Tyto organizace zatím nejvíce zasahují do povědomí českého obyvatelstva jako největší odpůrci Temelína. V roce 2008 podaly tyto organizace námítky na stavbu skladu vyhořelého paliva. Dle JČM chybělo vyhodnocení dopadů nadprojektové havárie skladu, vyhodnocení varianty stavby skladu jako podzemního nebo přìpovrchového, jako ochrana před možným pádem těžkého dopravního letounu a vyhodnocení způsobu, jak bude řešen souběh ukončování provozu jaderné elektrárny a dlouhodobého provozu skladu vyhořelého paliva. Tyto námítky byly téhož roku zamítnuty Ministerstvem průmyslu a obchodu, které je podle nového stavebního zákona v této věci stavebním úřadem a bylo tak vydáno potřebné povolení. [12]

V ČR se v roce 2006 dostala do parlamentu také Strana zelených, která svým programem znemožnila další možnou výstavbu jaderných elektráren na území ČR. Důvodem je rozpor s principy udržitelného rozvoje. Podle SZ nese výroba energie v JE tři rizika.

1. riziko: JE vytváří vysoce radioaktivní odpad, který musí být bezpečně skladován po dobu mnoha tisíc let. Dle SZ nikdo nemůže převzít zodpovědnost za bezpečné skladování RaO a ten se tak stává dědictvím pro budoucí generace.

2. riziko: nelze se vyhnout riziku havárií s velkým rozsahem následků, načež toto riziko stoupá podle SZ ještě s možností aktuálního rizika teroristických akcí.

3. riziko: existence zneužití jaderného paliva nebo odpadu s nedozírnými důsledky.

SZ upozorňuje také na to, že česká jaderná energetika se potýká s chronickým problémem nedodržování zajištění kvality na svých zařízeních a bezpečnosti kultury při jejich provozování. Chtějí, aby obce, které spadají do území, kde jsou JE, měly možnost rozhodovat o své budoucnosti. Snaha změnit tzv. atomový zákon by měla obcím umožnit účast

na povolovacích řízeních u jaderných zařízení, včetně práva na odmítnutí takového zařízení.

Z důvodu stálého nevyřešení problému s vyhořelým palivem chce SZ zabránit stavbě dalších jaderných reaktorů a zastavit produkci dalšího vyhořelého jaderného paliva.[13]

2.2 Srovnání alternativních metod výroby elektrické energie

V této kapitole jsou popsána pozitiva a negativa alternativních metod výroby elektrické energie.

2.2.1 Uhelné elektrárny

Elektrárenský výrobní blok znamená samostatnou jednotku skládající se z kotle, turbíny a příslušenství, z generátoru, odlučovačů popílku, chladicí věže, blokového transformátoru a v novější době také z odsiřovacího zařízení. [14]

Uhelné elektrárny produkují velké množství oxidu dusíku, oxidu siřičitého, prachové částice a v neposlední řadě emise oxidu uhličitého, které se podílí na skleníkovém efektu. Elektrárny jsou vybaveny odlučovači popílku a odsiřovacími jednotkami snižujícími množství emisí. Ovšem ani tyto snahy nevedou k jejich úplnému vymizení. Při těžbě uhlí se mění tvář krajiny a vznikají tak velké povrchové doly.

Výhodu uhelných elektráren vidím pouze v zaměstnanosti, která je dána dlouhým cyklem výroby energie.

V ČR jsou uhelné elektrárny v Tušimicích, Tisové, Prunéřově, Poříčí, Počeradech, Mělníku, Ledvicích, Chvaleticích, Hodoníně a Dětmarovicích.

2.2.2 Vodní elektrárny

Je založena na přeměně vodní energie v energii elektrickou. Výroba pomocí vody je nejstarší známou výrobou energie. Jako sluneční energie se i voda řadí mezi obnovitelné a nevyčerpatelné zdroje. Její provoz minimálně znečišťuje okolí, vyžaduje minimální obsluhu a údržbu lze dálkově ovládat. Přehradní hráze mohou zabránit menším povodním, ty větší už ovlivní jen málo. S výstavbou přehradních hrází či jezů souvisí i jejich pořizovací cena a čas na jejich výstavbu. Brání také volnému průjezdu lodí a je potřeba tedy vystavět systém plavebních komor. Nejdůležitější je však závislost na stabilním průtoku vody.

V ČR jsou vodní elektrárny jak velké tak i malé. Mezi velké patří Lipno, Orlík, Kamýk, Slapy, Štěchovice, Vrané, Nechanice a Střekov. U malých to jsou pak např. Mohelno, Lučina, Nýrsko, Želivka atd.

Česká republika má také své přečerpávací elektrárny, které slouží jako sklad elektrické energie. Jsou tvořeny pro potřeby jaderných elektráren. Řeší problém u rozdílných elektrických energií během pracovního dne, kdy je největší spotřeba a v noci kdy je spotřeba menší. V době denní špičky spotřeby elektrické energie bývá spuštěna a dokáže vytvořit několik MW elektřiny. V noci je však přebytek energie, je levná a proto se spouští zpětný chod, kdy se voda začne přečerpávat ze spodní nádrže do horní. Na našem území leží přečerpávací elektrárna Dalešice, sloužící JE Dukovany, Dlouhé stráně, Štěchovice a Černé jezero. [15]

2.2.3 Sluneční elektrárny

Sluneční energie je další možností k výrobě elektrické energie. Provozní náklady jsou nízké díky energii ze Slunce, které je nevyčerpatelným zdrojem. Obsluha u těchto elektráren není náročná a tím se vyhýbáme případné chybě lidského faktoru. Životnost tohoto zařízení je garantována na 15-20 let, přičemž dochází pouze k snížení účinnosti. Samotné zařízení vydrží funkční až 50 let. Tato energie může nahradit 20-50% potřeby tepla k vytápění a 50-70% potřeby tepla k ohřevu vody v domácnosti. [16]

Stále však musíme mít na mysli, že během roku sluneční záření kolísá a tak ho nelze využít jako samostatný zdroj tepla. Z ekonomického hlediska jsou počáteční investice vysoké.

V ČR je využití této energie zatím v počátcích. Při návštěvě JE Dukovany si vedle informačního centra lze povšimnout demonstračního nainstalování 75m² solárních panelů, které byly přivezeny v roce 2003 z Jeseníků. Aby nahradily panely výkon JE Dukovany, musela by plocha panelů být 100 km² a slunce by muselo na panely svítit 365 popř. 366 dní v roce a to i v noci. Průměrně tato demonstrační elektrárna vyrobí 7 500 kWh za rok. [17]

2.2.4 Větrné elektrárny

V těchto elektrárnách se kinetická energie větru přeměňuje na elektrickou energii. Jejich největší výhodou je, že nepotřebují ke svému chodu žádné palivo, nezatěžují tak životní prostředí případnými spalinami. Hlučnost, která byla v dřívějších dobách zmiňována jako negativní vlastnost byla eliminována díky dnešním moderním elektrárnám. Nároky na

plochu jsou minimální, ale pokud chceme vytvořit 1000MW energie je potřeba 35 000 km², což u JE nebo UE je potřeba několik km². [18] V neposlední řadě s touto energií přichází i možnost příspěvku od státu.

Negativním jevem u této výroby je rušení elektromagnetického pole, vysoké pořizovací náklady a největším negativem je nestálost větrného zdroje. Z tohoto důvodu je potřeba sledovat větrnost a určit tak další místo pro větrnou elektrárnu. Nejvíce se staví v nadmořských výškách nad 600m, ale i v pohraničních pásmech jako jsou Jeseníky a Krušné hory. Nejvýše položenou elektrárnou je VE Mravenečník ležící v nadmořské výšce 1160 m, která je v současnosti odstavena.

2.2.5 Geotermální elektrárny

Geotermální elektrárny využívají k výrobě elektřiny tepelnou energii z nitra Země. Staví se zejména ve vulkanicky aktivních oblastech, kde využívají k pohonu turbín horkou páru stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů, nebo teplotnosné médium, které se vtlačuje do vrtů, v hloubi země ohřívá a ohřáté vyvádí na povrch.

Celkový instalovaný výkon geotermálních elektráren ve světě se odhaduje na 8000 MW. Výhodou je, že tato elektrárna nepotřebuje žádné palivo. Jejich nevýhodou však zůstává nedostupnost a ekonomická stránka. Jsou dostupné jen na některých místech a jsou zhruba pětikrát dražší než stavba jaderné elektrárny. Výroba elektrické energie pomocí GE je významná více v oblastech jako je Island, kde je tento zdroj využíván i k vytápění domů, ohřevu vody atd. [15]

V ČR nelze této možnosti výroby elektrické energie využít a pokud ano tak minimálně a neefektivně. Naše země není uzpůsobena na takovou možnost výroby.

3 VYHODNOCENÍ JADERNÉ ENERGIE

3.1.1 Vyhodnocení výhrad odpůrců

3.1.1.1 *Princip udržitelného rozvoje*

Ať už se na tento argument podíváme z jakékoliv strany, zjistíme, že právě jaderná energie tomuto argumentu vyhovuje. Díky stálé hrozbě globálního oteplování se stává nejeefektivnějším způsobem snižování emisí CO₂. Na ovzduší je vliv zanedbatelný. Co se týče znečištění vod je její vliv nízký, řekla bych, že až žádný. V okolí jaderných elektráren není radioaktivita vyšší než v přírodě. Přísné mezinárodní předpisy a neustálá kontrola tomu zabraňují. Jaderná energie je cenově stabilní a vysoce účinná.

3.1.1.2 *Radioaktivní odpad*

Obavy z nedořešeného konce palivového cyklu jsou jistě opodstatněné. S vyvíjející se technologií však tato otázka nezůstane dlouho bez odpovědi. Již dnes jsou možnosti jak radioaktivní odpad ukládat. Dražší variantou je přepracování. Levnější je pak hlubinné uložení. Tyto varianty jsou pro budoucí generace jistě přijatelnější, než-li Země znečištěná emisemi, ohrožená globálním oteplováním a zbavena fosilních paliv, které nejsou nevyčerpatelným zdrojem a již dnes jejich cena stále roste.

3.1.1.3 *Riziko havárie*

V minulosti tyto obavy mohly být oprávněné. Po haváriích v americké JE Three Mile Island a v ukrajinské JE Černobyl, však byla přijata opatření, která zvyšují nároky na bezpečnost. Požární, radiační a fyzická ochrana je na mnohem vyšší úrovni a zaměstnanci podléhají přísným kritériím při výběru.

V současnosti jsou vyvíjeny reaktory IV. generace. V případě havárie by byly následky zadrženy uvnitř elektrárny a byla by tak ochráněna veřejnost.

3.1.1.4 *Zneužití jaderného paliva*

Reaktory IV. generace by tomuto měly zabránit. Odpad by se minimalizoval a palivo určené pro provoz JE by se nedalo použít pro případnou výrobu jaderných zbraní.

3.1.1.5 Nedodržování kvality zařízení

Veškerá činnost v JE podléhá vysokým požadavkům. Základem JE je bezpečnost. Ta vyplývá ze způsobilosti personálu k výkonu povolání, z kvalitní dokumentace, technických kontrol, vysoké úrovni požární bezpečnosti a jiných oblastí bezpečnosti. Pro samotné elektrárny je nutnost, aby se jejich špičkoví odborníci neustále zabývali zlepšováním úrovně bezpečnosti. Díky nim se např. JE Dukovany zařadila do nejlepších elektráren na světě. Výsledky BOZP byly oceněny udělením titulu "Bezpečný podnik", který elektrárna získala jako jeden z prvních podniků v ČR. [19]

3.1.2 Vyhodnocení výroby jaderné energie a jejich alternativ

Výroba elektřiny z fosilních paliv byla donedávna atraktivní díky nízkým investičním nákladům na výstavbu elektráren. Fosilní paliva se však stávají čím dál více hůře dostupná a jejich cena stoupá. Z tohoto důvodu začínají být ekonomicky a provozně výhodnější jaderné elektrárny. Světová cena uranu pro výrobu palivových článků do JE je dnes nízká. Samotnou technologii výroby lze dnes považovat za zvládnutou a možnost případné havárie je minimální. JE jsou při výrobě energie stabilním zdrojem. Větrná či sluneční elektrárna je závislá na sice nevyčerpatelných zdrojích, nicméně nestabilních. V říjnu 2007 vyšla studie, kde autoři hodnotí velké elektrárny v USA. Tato studie je uvedena v **Tab.1** a uvádí, že oproti alternativním zdrojům JE zabere plochu o rozloze 2 500 akrů. U slunečních elektráren je potřeba 50 000 akrů a v případě větrných elektráren je potřeba 150 000 akrů. Velká výhoda JE je, že minimálně zatěžuje ovzduší. Uhelové elektrárny produkují CO₂, který má vliv na tzv. skleníkový efekt způsobující globální oteplování. JE není hlučná, nepotřebuje vítr, slunce a vodu jen pro chlazení. Z ekonomického hlediska není stavba elektrárny tolik náročná jako je tomu u vodní, sluneční či geotermální elektrárny. Jaderná energetika má možnost se stále někam vyvíjet. Vědci z vyspělých zemí stále přichází s novými možnostmi co nejlepšího a nejbezpečnějšího využití jaderné energie. Žádný ze způsobů výroby elektrické energie nemá takový vývoj. Nové reaktory a zaobíráni se otázkou, co s vyhořelým palivem, dávají jasně najevo, že tento zdroj je stále v plné síle a má možnosti rozvoje.

Tab.1 Porovnání elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí [20]

Elektrárna	Potřeba plochy (akry)	Emise SO ₂ (t/rok)	Emise CO (t/rok)	Znečiš. ovzduší	Znečiš. vod	Produkce odpadů	Vliv na organizmy a biotop	Ostatní ekologické vlivy
Jaderná	2 500	0	0	Z	N	N	N	N
Uhelná	1 000	11 300	1 900	V	V	V	S	V
Olejová	300	4 500	1 400	V	N	N	S	S
Plynová	200	0	3 000	S	N	N	N	S
Větrná	150 000	0	0	Z	Z	S	S	N
Na biomasu	1 664 000	600	100 000	V	V	V	V	V
Sluneční tepelná	50 000	0	0	Z	Z	S	S	S
Fotovoltaická	32 500	0	0	Z	Z	S	S	S
Vodní	8 000	0	0	Z	S	V	V	N

(V-vysoký, S-střední, N-nízký, Z-zanedbatelný)

ZÁVĚR

Jaderná energie je velmi diskutabilní téma. Jde-li o metody výroby elektrické energie je potřeba si uvědomit, že mají svá rizika stejně jako jaderná energie. V současné době je jaderná energie ve vývoji a negativní dopady, plynoucí z této výroby, se snaží vyřešit tisíce vědců a techniků po celém světě. A proč právě jaderná energie?

Doba kdy naše planeta byla bohatá na fosilní paliva se pomalu blíží ke konci. Těžba uranu není vysoká a to i v případě, že jeho cena na světových trzích stoupne. Zásoby této suroviny jsou podle odborníků ze švýcarských energetických firem až na pět set let. Další možnosti kde těžít, je i moře, které skýtá zásoby dokonce až na několik desítek tisíc let.

JE spotřebují relativně malé množství jaderného paliva. Díky tomu neznečišťují ovzduší skleníkovými plyny, působící na globální oteplování. Při jaderné reakci se nespotřebovává kyslík. RaO má vcelku malý objem. Lze jej uložit bezpečně zpět do země nebo jej znovu zpracovat. Z ekologického a energetického hlediska je výhodnější přepracování.

JE nepotřebují velkou plochu na jejich stavbu. Oproti alternativním způsobům potřebuje jen 2 500 akrů (viz. **Tab.1**).

JE podléhají vysoké kontrole. Základním požadavkem pro jejich provoz je dodržování bezpečnosti a zajištění radiační ochrany. Okolní prostředí je pečlivě monitorováno a případnému úniku radioaktivity brání základní bariéry, např. primární okruh, hermetické boxy. V ČR jsou kromě podnikových měření i měření nezávislé. Tyto měření provádí státní dozorné orgány. Každá elektrárna má ve svém okolí vymezenou tzv. zónu bezpečnostního plánování. Havarijní připravenost zaručuje, že veškerý personál je v případě mimořádné události dobře vycvičen. V minulosti se stalo již několik událostí, které vedly k tomu, aby zaměstnanci podléhali kontrolám a byly na ně kladeny vysoké požadavky. Mezinárodní situace a hrozba terorizmu nutí elektrárny k zpřísnění ochranných opatření, lepším technickým vybavením a kvalitní výcvik zaměstnanců bezpečnostní služby. Další jistotou, zaručující normální provoz, je tzv. bezletová zóna. Tato zóna je pod neustálým dohledem armády. V ČR JE věnují velkou pozornost při dodržování legislativních požadavků. Roční zprávy jsou zasílány dozorným orgánům a jsou k dispozici široké veřejnosti. JE Dukovany se zařadila z hlediska životního prostředí mezi šetrné zdroje výroby elektrické energie. Titul "Bezpečný podnik" tato elektrárna získala jako jeden z prvních podniků.

Je jasné, že JE mají velkou budoucnost. Výstavba dalších bloků v JE Temelín jsou spíše pozitivním jevem. Neměli bychom se bát a obracet zrak do minulosti. Mezi minulosti

a současností je propastný rozdíl. Technologie pokročila a lidé se poučili. Elektrárny dbají na bezpečnost a možný únik radioaktivity je tedy minimální. Nejen politické strany, ale i mnoho odpůrců se snaží lidem nahnat strach a poukázat hlavně na negativa této možnosti výroby elektrické energie. Chtějí upřednostňovat alternativní způsoby výroby. Tyto způsoby bych spíše preferovala jako další možnosti k jaderné energii. Hlavní podíl na výrobě elektrické energie by však měla mít do budoucna právě jaderná energie. JE se dostávají ve vývoji stále dál. Jsou naší budoucností a vyžadují jen čas na vyřešení všech otázek týkajících se nejen RaO.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATUR

[1] Wikipedie – otevřená encyklopedie. Uran (prvek) [online]. [cit. 4. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Uran_\(prvek\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Uran_(prvek))>

[2] Informační centrum JE Dukovany – brožura JE Dukovany [cit. 4. 5. 2009]

[3] Wikipedie – otevřená encyklopedie. Schéma jaderné energie s tlakovodním reaktorem [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1_elektr%C3%A1rna>

[4] Enviweb. Reaktor „generace III+“ a jiné aktuální otázky jaderné energetiky [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<http://www.enviweb.cz/?secpart=energie_archiv_heidb/Reaktor_generace_III_a_jine_aktualni_otazky_jaderne_energetiky.html>

[5] Vladimír Wagner. Rychlý jaderný reaktor BN600 – spolehlivý civilní služebník [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.osel.cz/index.php?clanek=3471>>

[6] Vladimír Wagner. Je možná kosmická budoucnost lidstva? [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.osel.cz/index.php?clanek=2993>>

[7] Call – Sdružení pro záchranu prostředí. Prezentace Dalibora Stráského – Spasí nás nové generace reaktorů? [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://calla.ecn.cz/data/energetika/seminare/jrr/strasky.pdf>>

[8] Science world. První jaderné reaktory IV. generace by se měly objevit do 10 let? [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://scienceworld.cz/fyzika/prvni-jaderne-reaktory-iv-generace-by-se-mely-objevit-do-10-let-1181>>

[9] Vesmír. Čistá energie tokamaků [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.vesmir.cz/clanky/clanek/id/1380>>

[10] Informační stránka o Tokamaku Compass - D. Tokamak Compass - D[online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

< <http://www.ipp.cas.cz/Tokamak/compass/>>

[11] VTM Science. Jak funguje tokamak ITER [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

< <http://www.vtm.cz/clanek/jak-funguje-tokamak-iter> >

[12] Jihočeské matky. Sklad vyhořelého paliva v JETE schválen i přes protesty JČM [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.jihoceskematky.cz/?cl=369>>

[13] Webové stránky Martina Bursíka. Volební program Strany zelených [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.martinbursik.cz/admin/gallery/1/7d281126ee4f08c61c21754fd7a75b52.pdf>>

[14] Vodní a tepelné elektrárny. Princip tepelné elektrárny [online]. [cit. 14. 4. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/princip-tepelne-elektrarny.htm>>

[15] Alternativní zdroje energie. Vodní elektrárny, geotermální energie [online]. [cit. 13. 4. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>>

[16] Solární energie. Výhody i nevýhody sluneční energie [online]. [cit. 13. 4. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.solarni-energie.info/vyhody.php>>

[17] Dana Janovská – ústní sdělení (Informační centrum JE Dukovany, 675 50 Dukovany [cit. 2. 5. 2009]

[18] Alternativní zdroje energie. Větrné elektrárny [online]. [cit. 13. 4. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm>>

[19] Informační centrum JE Dukovany. Brožurka ČEZ pro JE Dukovany [cit. 10. 5. 2009]

[20] Časopis 3.pól. Porovnání elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí [online]. [cit. 23. 5. 2009]. Dostupné z WWW:

<<http://www.tretipol.cz/index.asp?clanek&view&586>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RaO	Radioaktivní odpad
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
JE	Jaderná elektrárna
U	Uran
Pu	Plutonium
JČM	Jihočeské matky
SZ	Strana zelených
GE	Geotermální elektrárna
CHKO	Chráněné krajinné oblasti
EU	Evropská unie
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CO ₂	Oxid uhličitý
VE	Větrná elektrárna
UE	Uhelné elektrárny

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1. Principy výroby elektrické energie v jaderných elektrárnách [3].....	11
--	----

SEZNAM TABULEK

Tab.1 Porovnání elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí [20].....	24
---	----

EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sigla (místo uložení bakalářské práce)	Knihovna Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně
Název bakalářské práce	Pozitiva výroby jaderné energie
Autor bakalářské práce	Orálková Jitka
Vedoucí bakalářské práce	prof. Ing. Milan Vondruška, CSc.
Vysoká škola	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Adresa vysoké školy	nám. T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín
Fakulta (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Technologická,nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín
Katedra (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
Rok obhájení DP	2009
Počet stran	32
Počet svazků	3
Vybavení (obrázky, tabulky...)	1, 1
Klíčová slova	Jaderná energie, jaderná elektrárna, pozitiva výroby, budoucnost jaderné energie